

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 06283532  
PUBLICATION DATE : 07-10-94

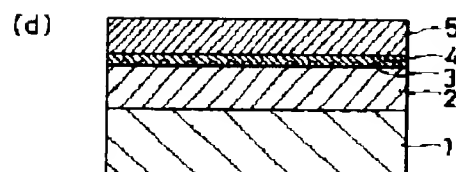
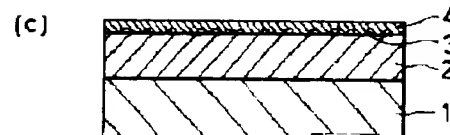
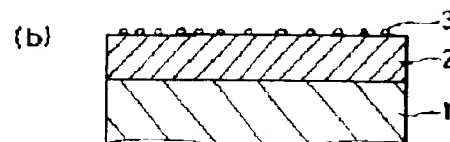
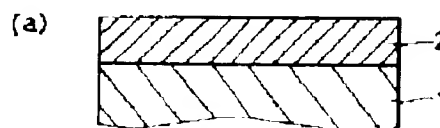
APPLICATION DATE : 26-03-93  
APPLICATION NUMBER : 05068779

APPLICANT : KAWASAKI STEEL CORP;

INVENTOR : OOTA TOMOHIRO;

INT.CL. : H01L 21/3205 H01L 21/205

TITLE : SEMICONDUCTOR DEVICE AND  
MANUFACTURING METHOD  
THEREOF



ABSTRACT : PURPOSE: To enhance the reliability upon aging by a method wherein a (111) oriented titanium nitride film and a specific titanium film as the lower layer thereof are laminated on an underneath film comprising Al or Al alloy.

CONSTITUTION: Within the semiconductor device wherein a metallic wiring layer 5 is composed of a laminated wiring including Al or Al alloy layer, a (111) oriented titanium nitride film 4 and a titanium film 3 as a lower layer thereof in the surface coating ratio exceeding 50% and the mean film thickness not exceeding 100 $\text{\AA}$  are to be laminated as the underneath layer of the metallic wiring layer 5. For example, an insulating film 2 is deposited on a silicon substrate 1 and then Ti 3 is deposited 50 $\text{\AA}$  thick in the design value by patterning process. Successively, TiN 4 is deposited in the specific thickness by CVD process. At this time, the material base of CVD is specified to be  $\text{TiCl}_4/\text{NH}_3/\text{H}_2$  base while the film forming requirements are to be 60°C of substrate temperature, 2 sccm of  $\text{TiCl}_4$ , 40 sccm of  $\text{NH}_3$ , 10 sccm of  $\text{H}_2$  and 0.1 Torr of partial pressure. Finally, Al-0.5%Cu 5 is to be deposited in specific thickness.

COPYRIGHT: (C) JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-283532

(43)公開日 平成6年(1994)10月7日

(51)Int.Cl. <sup>3</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/3205 21/205		7514-4M 7514-4M	H 0 1 L 21/ 88	R N

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平5-68779

(22)出願日 平成5年(1993)3月26日

(71)出願人 000001258

川崎製鉄株式会社  
兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

(72)発明者 貝塚健志

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

(72)発明者 神力博

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

(72)発明者 太田与洋

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

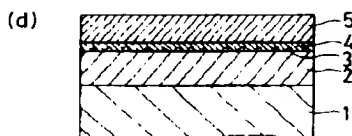
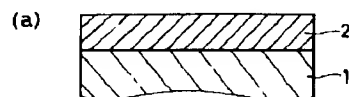
(74)代理人 弁理士 渡辺 望稔 (外1名)

(54)【発明の名称】 半導体装置およびその製造方法

## (57)【要約】

【目的】アルミニウムまたはその合金からなる金属配線層の下地として拡散バリア性と配線の高信頼性とを併せ持つバリアメタルとなる膜質の良い(111)配向チタンナイトライド膜を形成することで配線の信頼性の確保と工程の簡略化を図った半導体装置およびその製造方法の提供。

【構成】金属配線層がアルミニウムまたはその合金層を含む積層配線である半導体装置において、金属配線層の下地に(111)に配向したチタンナイトライド膜およびその下層に表面被覆率で50%以上、平均膜厚100Å以下のチタン膜が積層される半導体装置および前記チタン膜または予め堆積された所定量のチタンナイトライド膜上に、CVD法によって、良好な膜質、特に(200)に配向する条件下で(111)配向の良膜質のチタンナイトライドを形成する工程を含む半導体装置の製造方法。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】金属配線層がアルミニウムまたはその合金層を含む積層配線である半導体装置において、金属配線層の下地に(111)に配向したチタンナイトライド膜およびその下層に表面被覆率で50%以上、平均膜厚100Å以下のチタン膜が積層されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】前記チタン膜が、(002)配向しているものである請求項1に記載の半導体装置。

【請求項3】半導体基板上にアルミニウムまたはその合金からなる金属配線層の下地として、まず、(002)配向する条件でチタン、もしくは予め良好な膜質の(111)配向のチタンナイトライドを表面被覆率50%以上、平均膜厚100Å以下に被覆し、

続いてチタン化合物を含む系によるCVD法で良好な膜質が得られる条件下でチタンナイトライドを堆積させて、良好な膜質の(111)配向のチタンナイトライド膜を形成した後、

このチタンナイトライド膜上に前記金属配線層を堆積することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項4】前記チタン化合物がハロゲン化チタンである請求項3に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】前記CVD法で良好な膜質が得られる条件は、(200)配向のチタンナイトライド膜を成膜する条件である請求項3または4に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】請求項3～5のいずれかに記載の半導体装置の製造方法であって、前記金属配線層を堆積する前にRTA工程およびエッチバック工程のいずれか、あるいはその両方を行うことを特徴とする半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体装置およびその製造方法に関し、特に半導体基板に対するバリア性と配線の高信頼性とを併せもつバリアメタルを金属配線層に備えた半導体装置およびその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体装置の微細化、高集積化が進むにつれて浅い拡散層において配線材料であるアルミニウムの拡散層へのスパイクや基板シリコンのアルミニウム配線への析出などの問題が生じてきている。そのため、電極配線材料としてアルミニウム中にあらかじめ1%程度のシリコンを混入させたアルミニウム合金の使用、および、アルミニウム合金とシリコン拡散層のコンタクト部にアルミニウムとシリコンの相互拡散を防ぐために拡散バリア層(バリアメタルと呼ぶ)を用いるようになって

いる。  
【0003】バリアメタルとして現在最も有望な材料と考えられているのがチタンナイトライドである。チタン

ナイトライド(TiN)は、バリア性に優れているのみならず比較的抵抗であること、および同じチタン化合物であるチタンシリサイドによりシリコン基板との低抵抗コンタクトを容易に実現できるため成膜に連続性ももてること、さらにコンタクト孔にタンクステンプラクを適用する場合タングステンとの密着性に優れていること等がその理由である。チタンナイトライド膜の成膜法としては、従来反応性スパッタリング法またはチタンをスパッタ成膜したのち窒化して行っている。

【0004】アルミニウムまたはアルミニウム合金配線のエレクトロマイグレーション(EM)耐性には(111)に配向した膜が優れているといわれており、そのための方法として特開平3-262127号には、チタンナイトライド膜を(111)に配向させてその上にアルミニウム配線層を形成する方法が開示されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記従来技術においては、上述したように(111)に配向したチタンナイトライド膜は、チタンをスパッタ法で成膜した後に窒化することにより、または反応性スパッタ法によって直接堆積することで成膜されていた。しかしながら、チタンナイトライドをCVD法で成膜した場合、配線に利用できるような膜質(例えば、抵抗が低い、膜の密度が高い等)が得られた場合の配向は(200)になっており、少なくとも(111)に配向したチタンナイトライド膜はバリアメタルの本質的な目的である拡散バリア層として機能が悪くなることが報告されている。

【0006】すなわち、従来のCVD技術では(111)配向しかつ膜質の良いチタンナイトライド膜を形成する技術がなかった。そのためCVD法によって良好な膜質のチタンナイトライドを成膜すると(200)配向となるが、その上のA1配線は(111)に配向しないため半導体装置の信頼性が低下する問題があり、一方(111)に配向したチタンナイトライド膜にすれば膜質が悪く、配線抵抗の上昇やバリア性の低下等の問題があった。

【0007】本発明の目的は、上記従来技術の問題点を解消し、アルミニウムまたはその合金からなる金属配線層の下地として拡散バリア性と配線の高信頼性とを併せ持つバリアメタルとなる膜質の良い(111)配向チタンナイトライド膜を形成することで配線の信頼性の向上を図った半導体装置およびその製造方法を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、金属配線層がアルミニウムまたはその合金層を含む積層配線である半導体装置において、金属配線層の下地に(111)に配向したチタンナイトライド膜およびその下層に表面被覆率で50%以上、平均膜厚100Å以下のチタン膜が積層されていることを特徴と

する半導体装置を提供するものである。

【0009】また、本発明は、半導体基板上にアルミニウムまたはその合金からなる金属配線層の下地として、まず、(002)配向する条件でチタン、もしくは予め良好な膜質の(111)配向のチタンナイトライドを表面被覆率50%以上、平均膜厚100Å以下に被覆し、続いてチタン化合物を含む系によるCVD法で良好な膜質が得られる条件下でチタンナイトライドを堆積させて、良好な膜質の(111)配向のチタンナイトライド膜を形成した後、このチタンナイトライド膜上に前記金属配線層を堆積することを特徴とする半導体装置の製造方法を提供するものである。

【0010】ここで、前記チタン化合物がハロゲン化チタンであるのが好ましい。また、前記CVD法で良好な膜質が得られる条件は、(200)配向のチタンナイトライド膜を成膜する条件であるのが好ましい。

【0011】本発明は、上記半導体装置の製造方法であって、前記金属のいずれかに記載の半導体装置の製造方法であって、前記金属配線層を堆積する前にRTA工程およびエッチバック工程のいずれか、あるいはその両方を行うことを特徴とする半導体装置の製造方法を提供するものである。

【0012】

【発明の作用】本発明の半導体装置の製造方法においては、まず(002)に配向する条件でチタン(Ti)を、例えばスパッタ法により、もしくは、(111)に配向する条件でチタンナイトライド(TiN)膜を、例えばTiをスパッタした後に窒化して、または直接反応性スパッタ法により表面被覆率50%以上、平均膜厚で100Å以下付ける工程を行う。ここで、Ti膜およびTiN膜は連続膜である必要はない。続いてチタン化合物を含む系によるCVD法で膜質を良くするような条件によりTiNを堆積すると、予め、TiまたはTiNを付けなかった場合は(200)配向TiN膜が得られるが、予めTiまたは(111)配向TiNを付けておくとのTiNが得られる。しかもこうして得られた(111)配向TiN膜の膜質は良好に維持される。上記工程と、必要に応じてRTA工程やエッチバック工程のどちらかあるいは両方を行った後、TiN上にAlまたはAl合金(以下、Al系合金という)を堆積して、Al系合金膜を形成する。その後、このAl系合金膜をパターニングして金属配線層を形成した半導体装置を製造する。

【0013】本発明のまたは本発明法によって製造された半導体装置は、Al系合金配線層の下地に、表面被覆率50%以上、平均膜厚で100Å以下のTi膜(または(111)配向TiN膜)上に積層された(111)配向TiN膜が形成されている構造を有している。金属配線層下地のTiN膜は(111)配向であるにもかかわらず、良好な膜質を有し、拡散バリア性と配線の高信

頼性とを併せ持つバリアメタルとして最適なものである。従って、本発明の半導体装置および本発明法によって製造された半導体装置は、金属配線層の下地として(111)配向の膜質の良いTiN膜を有しているのて、Al系合金配線層をエレクトロマイグレーション(EM)耐性の強い(111)配向Al系合金膜を容易に形成でき、配線の信頼性が高い。

【0014】本発明において、始めに形成する(002)配向Ti膜および(111)配向TiN膜の被覆量を表面被覆率で50%以上、平均膜厚で100Å以下に限定する理由は、(111)に優先配向するTiN膜を成長させるのに必要なためである。

【0015】

【実施例】本発明に係る半導体装置およびその製造方法を添付の図面に示す好適実施例に基づいて詳細に説明する。

【0016】図1(a)～(d)は、本発明の半導体装置の製造方法の一実施例の工程を示す工程図である。

【0017】まず、図1(a)のようにシリコン基板1上に絶縁膜(例えばBPSG)2を堆積する。その上にスパッタ法によりTi3を設計値で50Å堆積する。このときTi3は、実際には50Åの連続膜になっているのではなく、表面被覆率50%以上となるように所々にTi3の核が形成された状態、すなわち不連続膜になっていると考えられる(図1(b)参照)。すなわち、50Åというのは成膜速度のデータから計算により求められた時間だけTiをスパッタすれば良い、ということである。ただし、Tiの連続膜を作製したときに(002)に配向する条件で堆積する。

【0018】続いて、CVD法により図1(c)のようにTiN4を所望の厚さだけ堆積する。ただし、図1(c)ではスパッタTiの膜厚は考慮しなくてもよい。CVDの原料系は四塩化チタン(TiCl<sub>4</sub>)/アンモニア(NH<sub>3</sub>)/水素(H<sub>2</sub>)の系とし、成膜条件は基板温度：650℃

TiCl<sub>4</sub>：2sccm

NH<sub>3</sub>：40sccm

H<sub>2</sub>：10sccm

全圧：0.1Torr

とした。このとき、シリコン上にこの条件で直接成膜した場合は(200)配向したTiNが得られること、電気抵抗率が本ガス系で得られるTiN膜の中で最も小さいこと等が確認されている。引き続き、Al-0.5%Cu5を所望の厚さだけ堆積する(図1(d)参照)。

【0019】このようにして得られたTiN膜4は図2に示すように(111)に配向する。このことは、TiN4の配向性が成膜初期の核形成の段階に決定されることを示している。すなわち以下のようなメカニズムが考えられる。予めTiスパッタにより表面にTi3を僅かに付けることでCVD-TiN4はこのTi3を核にし

て、あるいは、スパッタTi3がまずCVDの原料系の1つであるアンモニアにより窒化されてTiNとなりこれが核となって成長を開始する。すなわち、前者の場合であればTi(002)上に堆積したTiNが強い(111)配向を示すので、後者の場合であればTi(002)を窒化して得られるTiNが強い(111)配向を示すので、本発明において、スパッタTi3を(002)に配向する条件で付けることにより、まず将来(111)配向となるTiN4の核が形成されることになる。シリコンやその酸化膜上にTiN膜を堆積する場合は(200)配向する条件であっても、本発明においては成長開始時に将来(111)配向となるTiNの核が形成される結果、最終的に得られるTiN膜は(111)配向を示す。当然、TiN(111)上のAlも(111)配向する。

【0020】このようにして作られたAl系合金配線5の信頼性は従来のスパッタで作られたTiNを用いた配線と比較して有意差はなかった。このことは、本発明法によって、今後金属配線形成に際しWプラグ以外にもCVD法を取り入れることが可能となると考えられるが、主配線部にも使用できることを示している。

【0021】また、上記実施例では成膜温度が650℃であり、第一Al配線の下地にしか適用し得ない(Alの融点は約660℃)が、原料系を変えるあるいはプラズマCVD法を用いることで成膜の低温化が可能であり、低温化技術を適用することによって配線のあらゆる部位でCVD-TiNが適用できる。このため、本発明の技術もまた、第一Al配線の下地以外の部位にも適用できることはいうまでもない。

【0022】上記実施例においては、(111)配向TiN膜4の下地にスパッタ法によってTi3を堆積したけれども、Ti3を堆積する方法は、特に制限されず、Ti3を絶縁膜2上に表面被覆率50%以上、平均膜厚100Å以下に堆積できればどのような方法であってもよい。また、本発明においては、この(002)配向Ti3は、CVD-TiN4の配向性を決定する成膜初期の核形成、すなわち将来(111)配向となるTiNの核形成に用いられるものであるので、Tiの代りに(111)配向する条件でTiNを所定量堆積しておいてもよい。例えば、(002)配向する条件で堆積したTi3をN<sub>2</sub>ガス中で加熱処理(ランプアニールなど)することによって窒化して、予めTiNとしておいてもよい(前述のようにTi(002)を窒化して得られたTiNは強く(111)配向する)し、Ti3の代わりに反応性スパッタによってN<sub>2</sub>雰囲気中でスパッタして(111)配向する条件で直接TiNを、絶縁膜2上に核形成に必要な量、すなわち、表面被覆率50%以上、平均膜厚100Å以下だけ堆積してもよい。

【0023】上記実施例では、CVDの原料系は、Ti

Cl、/NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>系であるが、チタン化合物を含む系であれば、特に制限的ではなく、例えば、TiBr<sub>4</sub>、TiI<sub>4</sub>などのハロゲン化チタンを用いるものやテトラシエチルアミノチタン等の有機化合物なども用いることかできる。NH<sub>3</sub>の代りにN<sub>2</sub>やN<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(ヒドラジン)を用いるものでもよい。またCVDの成膜条件も、上記実施例に限定されず、半導体基板上に直接成膜した時に膜質の良好なTiNを成膜する条件であればよく、例えばTiCl<sub>4</sub>/NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>系で、基板温度を650~750℃、TiCl<sub>4</sub>とNH<sub>3</sub>の分圧比を1:1~1:25、NH<sub>3</sub>とH<sub>2</sub>の分圧比を1:0~1:1、全圧を10mTorr~10Torrとすることができる。

【0024】また、CVD-TiN膜4の膜厚およびAl系合金膜5の膜厚も、特に制限時ではなく、必要に応じて適宜選択すればよい。

【0025】上記実施例において、Al系合金膜を形成する前に必要に応じてRTA(急速加熱処理: Rapid Thermal Anneal)またはエッチバックもしくはその両方を行うのは、RTAによりTiNの低抵抗比、結晶性の向上が期待されるからであり、エッチバックはTiNの膜厚を調整(例えば孔(ホール)内にTiNを成膜する場合に、ホール内で平坦部よりも膜厚が必要であれば、一旦厚くつけた後、平坦部の厚過ぎる分を削る)するのに必要になる場合がある。

【0026】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明の半導体装置によれば、アルミニウムまたはアルミニウム合金配線層の下地に膜質の良い(111)配向チタンナイトライド膜を有しているので、バリア性に優れ、しかも金属配線層のエレクトロマイグレーション耐性が高く、配線の高信頼性、微細化を達成することができる。

【0027】また、本発明の半導体装置の製造方法によれば、バリアメタルとして膜質の良好な(111)に配向したチタンナイトライドをCVD法によって容易に堆積することができるので、上記効果を有する半導体装置を簡単な工程で容易に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

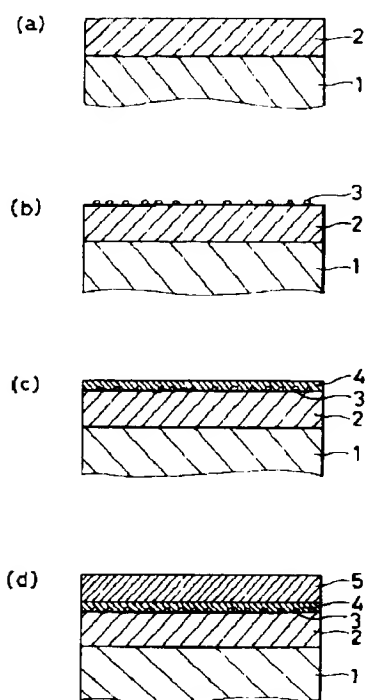
【図1】 (a)~(d)は、本発明の半導体装置の製造方法の一実施例を示す工程図である。

【図2】 本発明の半導体装置の一実施例の各結晶相のX線回折強度を示すグラフである。

【符号の説明】

- 1 半導体基板(シリコン基板)
- 2 絶縁膜
- 3 Ti
- 4 CVD-TiN
- 5 Al合金(Al-0.5%Cu)膜

【図1】



【図2】

